

ALIGNING METHOD AND DEVICE

Publication number: JP7201723 (A)

Publication date: 1995-08-04

Inventor(s): INOUE SOICHI; TANAKA SATOSHI; FUJISAWA TADAHITO +

Applicant(s): TOSHIBA CORP +

Classification:


- international: **G03F7/20; H01L21/027; G03F7/20; H01L21/02;** (IPC1-7): G03B27/32; G03F7/20; H01L21/027

- European: G03F7/20T14

Application number: JP19930354150 19931228

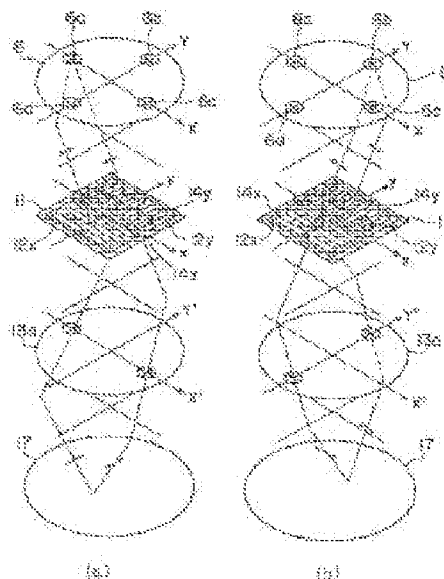
Priority number(s): JP19930354150 19931228

Also published as:

 JP3099933 (B2)

Abstract of JP 7201723 (A)

PURPOSE: To improve the marginal resolving power by a method wherein flare panels having aperture parts are respectively provided on the slipped positions in the X and Y directions from an optical axis for specifying the polarization surface to respective aperture parts to be linear polarization. **CONSTITUTION:** The light from an aperture part 6a linear-polarized in y axis (Y axis) direction 12y is shielded with a polarizing member 14x in an x pattern 12x, and is passed through a polarization member 14y in the y pattern 12y. Thus, the y pattern 12y only in the image-formation by the light from the aperture parts 6a, 6c is transferred, but the x pattern 12x is not transferred at all. Likewise, since the light from another aperture part 6b linear-polarized in x axis (X axis) direction, the x pattern 12x only is transferred but the y pattern 12y is not transferred at all. Through these procedures, the marginal resolving power can be improved.



.....
Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 B 27/32		F		
G 0 3 F 7/20	5 2 1			
		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	5 1 5 D
		7352-4M		5 1 5 E
審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 11 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平5-354150

(22) 出願日 平成5年(1993)12月28日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 井上 壮一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 田中 聡

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 藤澤 忠仁

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

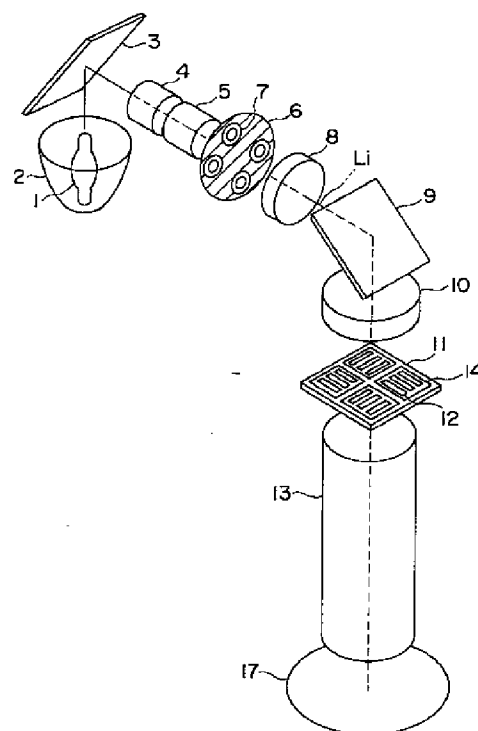
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 露光方法及び露光装置

(57) 【要約】

【目的】 限界解像力をさらに向上させ、限界解像力を実質的に $\lambda/2NA$ まで引き上げることのできる露光装置を提供すること。

【構成】 X、Y方向に直交するパターンが形成されたマスク11を照明し、マスク11上のパターンを投影光学系13により被露光基板17上に投影露光する露光装置において、投影光学系13の瞳面の共役面に相当する照明光学系の面内に配置され、光軸からX方向にずれた位置及びY方向にずれた位置に夫々開口を有する遮光板6と、光軸からX方向にずれた位置に形成された開口を透過した光をY方向の直線偏光光に、光軸からY方向にずれた位置に形成された開口を透過した光をX方向の直線偏光光に規定する偏光部材7と、マスク11のX方向パターンに入射する光に対しX方向の直線偏光光のみを通し、Y方向パターンに入射する光に対しY方向の直線偏光光のみを通す偏光部材14とを備えたことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 フォトマスクと投影光学系の瞳面の共役面に相当する照明光学系の面内において各々規定された光軸を原点とするXY座標系の方向が光学的に一致し、X方向に長いパターンとY方向に長いパターンが形成された前記フォトマスクを照明し、該フォトマスク上のパターンを投影光学系により被露光基板上に投影露光する露光方法において、前記投影光学系の瞳面の共役面に相当する照明光学系の面内において前記原点に対しX軸上の対称な2つの位置及びY軸上で対称な2つの位置に照明光の強度が他の位置より大なる領域をそれぞれ形成し、前記X軸上で対称な位置に形成された照明光の強度大なる領域ではY方向の成分を持つ偏光光を通過させると共に、前記Y軸上で対称な位置に形成された領域ではX方向の成分を持つ偏光光を通過させ、前記フォトマスク上では、X方向に長いパターンに対しては前記偏光光のうちX方向の成分を持つ偏光光のみを通過させ、Y方向に長いパターンに対しては前記偏光光のうちY方向の成分を持つ偏光光のみを通過させることを特徴とする露光方法。

【請求項2】 フォトマスクと投影光学系の瞳面の共役面に相当する照明光学系の面内において各々規定された光軸を原点とするXY座標系の方向が光学的に一致し、X方向に長いパターンとY方向に長いパターンが形成された前記フォトマスクを照明し、該フォトマスク上のパターンを投影光学系により被露光基板上に投影露光する露光装置において、前記投影光学系の瞳面の共役面に相当する照明光学系の面内に配置され、前記原点に対しX軸上で対称な位置及びY軸上で対称な位置にそれぞれ開口を有する遮光板と、前記遮光板の原点に対しX軸上で対称な位置に形成された開口に入射する光の偏光面をY方向の成分を持つ偏光に規定する手段と、前記遮光板の原点に対しY軸上で対称な位置に形成された開口に入射する光の偏光面をX方向の成分を持つ偏光に規定する手段と、前記マスクのX方向に長いパターンに入射する光に対してはX方向の成分を持つ偏光光のみを通す手段と、前記マスクのY方向に長いパターンに入射する光に対してはY方向の成分を持つ偏光光のみを通す手段とを具備してなることを特徴とする露光装置。

【請求項3】 フォトマスクと投影光学系の瞳面の共役面に相当する照明光学系の面内において各々規定された光軸を原点とするXY座標系の方向が光学的に一致し、X方向に長いパターンとY方向に長いパターンが形成された前記フォトマスクを照明し、該フォトマスク上のパターンを投影光学系により被露光基板上に投影露光する露光方法において、前記投影光学系の瞳面の共役面に相当する照明光学系の

面内にて照明光の偏光面をX方向に対し θ° の角度に規定し前記フォトマスクを照明し、前記フォトマスクを通過した照明光を前記投影光学系の瞳面上の前記原点に対しX軸上で対称な2つの領域では前記照明光の偏光方向を $90^\circ - \theta^\circ$ 回転させ、前記原点に対しY軸上で対称な2つの領域では前記照明光の偏光方向を θ° 回転させることを特徴とする露光方法。

【請求項4】 フォトマスクと投影光学系の瞳面の共役面に相当する照明光学系の面内において各々規定された光軸を原点とするXY座標系の方向が光学的に一致し、X方向に長いパターンとY方向に長いパターンが形成された前記フォトマスクを照明し、該フォトマスク上のパターンを投影光学系により被露光基板上に投影露光する露光装置において、照明光の偏光面がX方向に対し θ° の角度に規定された前記投影光学系の光源と、前記投影光学系の瞳面上に設けられ前記原点に対しX軸上で対称な2つの領域では前記照明光の偏光方向を $90^\circ - \theta^\circ$ 回転させると共に、前記原点に対しY軸上で対称な2つの領域では前記照明光の偏光方向を θ° 回転させることにより、瞳面にて偏光方向を揃えるように偏光状態が制御された偏光部材とを具備したことを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体集積回路の製造工程、特に集積回路パターンの転写に利用される露光方法及び露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、光リソグラフィ技術の進歩は目ざましく、露光光の短波長化（i線：365 nm）、KrFエキシマーレーザ（248 nm）や投影露光装置の高性能化、特にレンズの高NA化によってより微細なレジストパターンをウエハ上に形成できるようになってきた。

【0003】 図12に、従来一般的に用いられている投影露光装置の概略構成を示す。光源側から、光源101、第1集光光学系102、均一化光学系103、第2集光光学系104、レチクル105、投影光学系106、ウエハ107の順に配列されている。第1集光光学系102は楕円反射鏡及びインプットレンズに相当する部分であり、楕円鏡の他に球面鏡、平面鏡、レンズ等を適当に配置し、光源101から出る光束をできるだけ効率良く均一化光学系103に入れる役目を持つ。また、均一化光学系103はオプティカルインテグレータ（縄の目レンズ）に相当する部分であり、その他として光ファイバや多面体プリズム等が使用されることもある。

【0004】 第2集光光学系104は、アウトプットレンズ及びコリメーションレンズに相当する部分であり、均一化光学系103の出射光を重量させ、さらに像面テレセントリック性を確保する。この他、光束が光軸平行に近い場所に収差補正がされている波長のみを透過する

フィルタが挿入され、また場所は一義的ではないがコールドミラーも挿入される。

【0005】このような構成の装置においてレチクル105から光が来る側を見た場合、光の性質は、第2集光光学系104を通して均一化光学系103から出てくる光の性質となり、均一化光学系103の出射側が見かけ上の光源に見える。このため上記のような構成の場合、一般的に均一化光学系103の出射側108を2次光源と称している。レチクル105がウエハ107上に投影される時、投影露光パターン形成特性、即ち解像度や焦点深度等は、投影光学系106の開口数NA及びレチクル105を照射する光の性状、即ち2次光源108の性状によって決まる。

【0006】しかし、微細なパターンをレジスト上に形成するため、露光光の短波長化、投影光学装置の高NA化によって解像度を上げると、逆に焦点深度が低下するために実用解像度はあまり向上しない。そこで投影露光装置においては、2次光源強度分布、レチクル、投影光学系の瞳面の複素透過率分布を従来のものから変化させることで、解像度や焦点深度の向上が考えられてきている。

【0007】解像力を向上させるものとして、特にLSIにおける配線パターンのような1次元周期性を持つパターン（以下L/Sと略記）に対しては、マスクの開口部に対して隣合う開口部を通過する露光光との位相差がほぼ180度となるように形成されたマスクを用いることにより、透明基板上にL/Sパターンをクロム等の遮光性物質を用いて形成した従来のマスクに対して、解像度が約2倍向上することが知られている（特開昭57-62052号公報）。

【0008】また、光の偏光方向による干渉性の性質の違いを利用したものとして、光源を改良したもの（特開平5-109601号公報）、瞳を改良したもの（特開平5-90128号公報）、マスクを改良したもの（特開平5-88356号公報）などが知られている。しかし、光源のみを偏光させる方法では、光源の偏光方向に辺を持つ1次元周期のパターンに対してしか解像力向上効果を上げられず、偏光方向に直交する方向に辺を持つパターンに対しては、逆に解像力を落としてしまうことが知られている。さらに、マスクに偏光子を形成する方法は、その形成が非常に困難であるといえる。また、瞳位置において同心円状に偏光子を形成する方法は、偏光子の偏光透過方向と直交する偏光成分の光量の損失が大きくなってしまいう欠点が存在する。

【0009】一方、微細化されたマスクパターンにおいては、パターンの解像線幅が露光光の波長に接近するため、パターン透過時に発生する回折光の影響が無視できず、被露光基板上のマスクパターン投影像における十分な明暗の光量差の確保が困難となり、明暗境界のコントラストも低下する。この問題を解決するために、マスク

を照明する光源の形状を変えることによって限界解像力を向上させる方法が提案されている（特開平4-10148号公報）。

【0010】図13（a）はこの提案に基づく従来の露光装置及び露光方法を示している。図13（a）において、マスク121には代表的な微細パターン例として、デューティ比0.5の1次元格子状パターン122が縦横に形成されており、マスク121を照明する照明光学系は、水銀ランプ111、楕円面鏡112、コールドミラー113、集光光学素子114、インテグレート115、リレーレンズ118（瞳リレー系）、ミラー119、コンデンサレンズ120からなり、照明光学系の瞳面（フーリエ変換面であって、ここでは水銀ランプ111の2次光源像が形成されるインテグレート115の射出端面）の近傍には、マスクパターン122の微細度に応じて光軸からの軸はずれ量が決められている4つの開口部を有する遮光板116が配置される。

【0011】図13（b）（c）はそれぞれ、遮光板116、マスク121を上からみた図である。斜線部は遮光部を示している。また、図13（d）は投影光学系123中にある瞳面（遮光板116の位置のほぼ共役面に相当する）での露光光分布を示している。実際の露光装置では、図のそれぞれの座標（X, Y）、（x, y）、（X', Y'）の方向が一致するように配置されている。図13（b）の円形開口部中心座標の最適位置はマスクパターンの微細度によって決定される。例えば、マスクパターンのピッチをpとすると、格子パターン122は縦パターンと横パターン両方が存在するために、開口部最適中心座標（X, Y）は（1/2p, 1/2p）、（1/2p, -1/2p）、（-1/2p, 1/2p）、（-1/2p, -1/2p）となる。また、図13（d）の露光光分布の4つのピーク位置座標（X', Y'）も同じになる。

【0012】これを見て分かるように、マスクパターンのピッチpが小さくなると、遮光板116の開口部位置座標及び投影光学系123の瞳位置での露光光ピーク位置座標が、光軸から遠ざかることが分かる。投影光学系の開口数をNA、露光波長をλとすると、図13（d）の瞳の半径はNA/λで表せるから、

$$1/2p = NA / (2^{1/2} \lambda)$$

$$p = 2^{1/2} \lambda / 2NA$$

で表される微細パターンが解像できる限界であるといえる。実際には遮光板116の開口部にある程度の面積があるために、この面積の大小によって限界解像力に多少のズレが出るものの、大同小異である。マスクパターンのピッチpが上式以下の微細度になると、回折光が瞳からはずれてしまい、結像できなくなる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、典型的なLSIパターンにおいては、1次元格子パターンが縦

横に配置した構成をとるために、これら縦パターンと横パターン両方を高解像で結像させるためには、2次光源位置に配置された遮光板の4つの開口部をパターンに対して45度の位置に配置せざるを得なかった。このため、縦パターン横パターンにおける限界解像力は $2^{1/2} \lambda / 2NA$ で制限されてしまった。

【0014】また、1次元周期性を持つパターン群(L/S)が、その周期性を複数方向に持つように配置されているマスクに対して、上記方法に基づく偏光を用いた露光法では、ある方向のみに効果が発揮され、効果の現れる方向と直交する方向に周期性を持つパターンに対しては逆効果を生じてしまう問題が生じたり、マスク形成が困難であったり、若しくは光量の損失が大きくなってしまいう問題が存在した。

【0015】本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、限界解像力をさらに向上させ、限界解像力を実質的に $\lambda / 2NA$ まで引き上げることのできる露光方法及び露光装置を提供することにある。

【0016】また、本発明の他の目的は、1次元周期性を持つパターン群(L/S)が、その周期性を複数方向に持つように配置されているマスクに対し、いずれの方向にも解像力向上効果を得ることが出来る露光方法及び露光装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明は、次のような構成を採用している。

【0018】即ち、本発明(請求項1)は、フォトマスクと投影光学系の瞳面の共役面に相当する照明光学系の面内において各々規定された光軸を原点とするXY座標系の方向が光学的に一致し、X方向に長いパターンとY方向に長いパターンが形成された前記フォトマスクを照明し、該フォトマスク上のパターンを投影光学系により被露光基板上に投影露光する露光方法において、前記投影光学系の瞳面の共役面に相当する照明光学系の面内において前記原点に対しX軸上の対称な2つの位置及びY軸上で対称な2つの位置に照明光の強度が他の位置より大なる領域をそれぞれ形成し、前記X軸上で対称な位置に形成された照明光の強度大なる領域ではY方向の成分を持つ偏光光を通過させると共に、前記Y軸上で対称な位置に形成された領域ではX方向の成分を持つ偏光光を通過させ、前記フォトマスク上では、X方向に長いパターンに対しては前記偏光光のうちX方向の成分を持つ偏光光のみを通過させ、Y方向に長いパターンに対しては前記偏光光のうちY方向の成分を持つ偏光光のみを通過させることを特徴とする。

【0019】また、本発明(請求項2)は、フォトマスクと投影光学系の瞳面の共役面に相当する照明光学系の面内において各々規定された光軸を原点とするXY座標系の方向が光学的に一致し、X方向に長いパターンとY

方向に長いパターンが形成された前記フォトマスクを照明し、該フォトマスク上のパターンを投影光学系により被露光基板上に投影露光する露光装置において、前記投影光学系の瞳面の共役面に相当する照明光学系の面内に配置され、前記原点に対しX軸上で対称な位置及びY軸上で対称な位置にそれぞれ開口を有する遮光板と、前記遮光板の原点に対しX軸上で対称な位置に形成された開口に入射する光の偏光面をY方向の成分を持つ偏光に規定する手段と、前記遮光板の原点に対しY軸上で対称な位置に形成された開口に入射する光の偏光面をX方向の成分を持つ偏光に規定する手段と、前記マスクのX方向に長いパターンに入射する光に対してはX方向の成分を持つ偏光光のみを通す手段と、前記マスクのY方向に長いパターンに入射する光に対してはY方向の成分を持つ偏光光のみを通す手段とを具備してなることを特徴とする。

【0020】ここで、本発明の望ましい実施態様としては、次のものがあげられる。

- (1) 遮光板は、光軸からX方向にずれた対称位置に形成された2つの開口と、光軸からY方向にずれた対称位置に形成された2つの開口とを有するものであること。
- (2) 遮光板の開口部、又は開口部の光入射側若しくは光出射側に偏光部材が形成されていること。
- (3) マスクのパターン(開口部)、又はパターンの光入射側若しくは光出射側に偏光部材が形成されていること。

【0021】また、本発明(請求項3)は、フォトマスクと投影光学系の瞳面の共役面に相当する照明光学系の面内において各々規定された光軸を原点とするXY座標系の方向が光学的に一致し、X方向に長いパターンとY方向に長いパターンが形成された前記フォトマスクを照明し、該フォトマスク上のパターンを投影光学系により被露光基板上に投影露光する露光方法において、前記投影光学系の瞳面の共役面に相当する照明光学系の面内にて照明光の偏光面をX方向に対し θ° の角度に規定し前記フォトマスクを照明し、前記フォトマスクを通過した照明光を前記投影光学系の瞳面上の前記原点に対しX軸上で対称な2つの領域では前記照明光の偏光方向を $90^\circ - \theta^\circ$ 回転させ、前記原点に対しY軸上で対称な2つの領域では前記照明光の偏光方向を θ° 回転させることを特徴とする。

【0022】また、本発明(請求項4)は、フォトマスクと投影光学系の瞳面の共役面に相当する照明光学系の面内において各々規定された光軸を原点とするXY座標系の方向が光学的に一致し、X方向に長いパターンとY方向に長いパターンが形成された前記フォトマスクを照明し、該フォトマスク上のパターンを投影光学系により被露光基板上に投影露光する露光装置において、照明光の偏光面がX方向に対し θ° の角度に規定された前記投影光学系の光源と、前記投影光学系の瞳面上に設けられ

前記原点に対しX軸上で対称な2つの領域では前記照明光の偏光方向を $90^\circ - \theta^\circ$ 回転させると共に、前記原点に対しY軸上で対称な2つの領域では前記照明光の偏光方向を θ° 回転させることにより、瞳面にて偏光方向を揃えるように偏光状態が制御された偏光部材とを具備したことを特徴とする。

【0023】ここで、本発明の望ましい実施態様としては、次のものがあげられる。

- (1) 偏光状態を制御する手段又は偏光部材として、光源光の偏光方向に制限された瞳面上の周縁領域内で光源光の偏光方向を 90° 回転させること。
- (2) 光源及び瞳位置での偏光制御を行う偏光部材は、1/2波長板により構成されること。
- (3) マスクパターンは、1次元周期性を持つもののグループから構成されていること。
- (4) マスクとして、位相シフトマスクを用いること。
- (5) 有効光源強度分布を形成する特殊絞りは、転写するマスクのパターン寸法、ピッチに対応して任意に光強度分布を変化できること。

【0024】

【作用】本発明（請求項1，2）によれば、光軸からX方向にずれた位置及びY方向にずれた位置にそれぞれ開口を有する遮光板を設け、それぞれの開口に対して光の偏光面を直線偏光に規定し、マスクのX方向に長いパターン及びY方向に長いパターンのそれぞれに対しても光の偏光面を直線偏光に規定することにより、マスクのX方向に長いパターンは光軸からY方向にずれた開口からのX方向直線偏光光のみで露光し、Y方向に長いパターンは光軸からX方向にずれた開口からのY方向直線偏光光のみで露光することができる。これにより、限界解像力を向上させ、実質的に $\lambda/2\text{NA}$ まで引き上げることが可能となる。

【0025】また、本発明（請求項3，4）によれば、光源としてほぼ直線方向に偏光した光を用いることで、瞳面上での回折光の偏光成分において、パターン周期方向による解像特性に異方性が生じる。瞳面上にて、光源の偏光方向に回折した成分を上記偏光板により偏光方向を回転することによって、結像の際にベクトルの干渉効果による解像特性の低下を防ぐことが可能となる。従って、像のコントラストを高くすることができ、それによって高解像度を有する微細なパターン群を得ることが可能となる。

【0026】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。

【0027】（実施例1）図1は、本発明の第1の実施例に係わる投影露光装置の概略構成を示す斜視図である。マスク11には、代表的な微細パターン例として、デューティ比0.5の1次元格子状パターン12が縦横に形成されている。さらに、格子状パターン12上或い

はその近傍には、露光光のうち所定の偏光面を有する光のみを通過させる偏光部材14が形成されている。マスク11を照明する照明光学系は、水銀ランプ1、楕円面鏡2、コールドミラー3、集光光学素子4、インテグレート5、リレーレンズ8（瞳リレー系）、ミラー9、コンデンサレンズ10からなり、照明光学系の瞳面（フーリエ変換面であって、ここでは水銀ランプ1の2次光源像が形成されるインテグレート5の射出端面）の近傍には、マスクパターン12の微細度に応じて光軸からの軸はずれ量が決められている4つの開口部を有する遮光板6が配置される。さらに、この開口部又はその近傍には、露光光のうち所定の偏光面を有する光のみを通過させる偏光部材7が形成されている。

【0028】このように構成された露光装置において、楕円面鏡2の第1焦点に配置された水銀ランプ1で発生した露光光は、楕円面鏡2、コールドミラー3で反射されて楕円面鏡2の第2焦点に集光された後に、コリメータレンズや光束分布補正用のコーン状プリズム等からなる集光光学素子4を通過して、フライアイレンズ群からなるインテグレート5により、遮光板6の位置に実質的な面光源を形成する。この面光源は、従来同様にマスク11に上方から様々な入射角で入射する露光光を与えるべきものであるが、遮光板6が設けられているため、遮光板6の4つの開口部を射出する光束だけが透過できる。この4つの開口部を通過すべき光は偏光部材によって偏光面が規定され、リレーレンズ8、ミラー9、コンデンサレンズ10を介して、マスク11を照明する。

【0029】そして、偏光部材14によって照明光の偏光面がさらに規定され、マスク11のパターン12に入射した光はマスク透過後回折し、投影光学系13に入射してその瞳面に次数別のスポットを形成する。その後さらに投影光学系13を通過して、被露光基板17上に縮小結像される。

【0030】ここで、本実施例における上記装置構成の内、従来例と異なるのは、遮光板6の設置方法と、新たに設けた偏光部材7、14である。図2（a）（b）はそれぞれ、遮光板6と偏光部材7、マスク11と格子パターン12及び偏光部材14を上からみた図である。斜線部は遮光部を示している。また、偏光部材7、14による偏光面の規定方向を矢印で示した。つまり、矢印の方向に電場が振動している光のみが偏光部材7、14を通過することができる。

【0031】また、図2（c）は投影光学系13中にある瞳面（遮光板6の位置のほぼ共役面に相当する）での露光光分布を示している。図中の矢印は瞳面に到達した露光光の偏光面を示している。 X' 軸上の2つのピークがyパターン12yより到達した回折光、 Y' 軸上の2つのピークがxパターン12xより到達した回折光を示している。実際の露光装置では、図のそれぞれの座標（X，Y），（x，y），（ X' ， Y' ）の方向が一致

するように配置されている。このように、従来例では遮光板6の開口部が格子パターン12x、12yに対して45度の位置に存在したのに対し、本実施例では格子パターン12x、12yに対して、平行及び垂直方向に位置するのが異なる。

【0032】図2(a)の円形開口部中心座標の最適位置はマスクパターンの微細度によって決定される。例えば、マスクパターンのピッチをpとすると、開口部最適中心座標(X, Y)は、 $(1/2p, 0)$ 、 $(-1/2p, 0)$ 、 $(0, 1/2p)$ 、 $(0, -1/2p)$ となる。また、図2(c)の露光光分布の4つのピーク位置座標(X', Y')も同じになる。これを見て分かるように、マスクパターンのピッチpが小さくなると、遮光板6の開口部位置座標及び投影光学系13の瞳位置での露光光ピーク位置座標が、光軸から遠ざかることが分かる。投影光学系13の開口数をNA、露光波長を λ とすると、図2(c)の瞳の半径は NA/λ で表せるから、 $1/2p = NA/\lambda$
 $p = \lambda / 2NA$

で表される微細パターンが解像できる限界であるといえる。実際には、遮光板6の開口部にある程度の面積があるために、この面積の大小によって限界解像力に多少のズレが出るものの、大同小異である。従来の技術によると、 $p = 2^{1/2} \lambda / 2NA$ が限界解像力であったのに対し、本実施例によると、 $p = \lambda / 2NA$ となり、実質的に $2^{1/2}$ 倍の限界解像力向上ができた。さらに、従来例と異なり、yパターン、xパターン共に被露光基板17への入射面に対して垂直な偏光成分(s偏光成分)のみで結像するため、さらに限界解像力、焦点深度が向上することとなった。

【0033】ここで、本実施例による露光原理を図3に従ってさらに詳しく説明する。図3は、本実施例の露光装置の斜視概念図である。遮光板6の4つの開口部のうち、6aと6cからの照明光は、同じ作用によってy軸に平行な格子パターン12y(yパターンと呼ぶ)の露光に寄与し、限界解像力を向上させる。また、6bと6dからの照明光は、同じ作用によってx軸に平行な格子パターン12x(xパターンと呼ぶ)の露光に寄与し、限界解像力を向上させる。従って代表して、開口6aと6bからの照明による露光を説明する。図3(a)は開口6aからの照明光による露光を説明する図、図3

(b)は開口6bからの照明光による露光を説明する図である。

【0034】まず、図3(a)に従って開口6aからの照明による露光を説明する。開口6aより発せられる照明光は、照明光学系を介してマスク11を照明する。この際の照明光は、開口6a付近に配置した偏光部材(不図示)により、y軸(Y軸)方向に直線偏光している。一方、マスク11上及びマスク11近傍には、マスクパターンの方向性に対応して偏光部材14が配置されてい

る、具体的には、yパターン12yにはy軸に平行な直線偏光のみを通過させるような偏光部材14yを、xパターン12xにはx軸に平行な直線偏光のみを通過させるような偏光部材14xを配置する。すると開口6aからの照明光は、y軸(Y軸)方向に直線偏光しているため、yパターン12yでは偏光部材14yを通過できるが、xパターン12xでは偏光部材14xによって遮蔽される。yパターン12yを通過した照明光は回折し、投影光学系の瞳位置13aを通過後、被露光基板17上に結像する。

【0035】このように開口6a、6cからの照明光による結像では、yパターン12yのみが転写され、xパターン12xは全く転写されない。また、この露光では被露光基板17への入射面に対して垂直な偏光成分のみによる結像であるため、非常に高いコントラストの像が得られる。

【0036】次に、図3(b)に従って開口6bからの照明による露光を説明する。開口6bからの照明光は、開口6b付近に配置した偏光部材(不図示)によって、x軸(X軸)方向に直線偏光しているため、xパターン12xでは偏光部材14xを通過できるが、yパターン12yでは偏光部材14yによって遮蔽される。xパターン12xを通過した照明光は回折し、投影光学系の瞳位置13aを通過後、被露光基板17上に結像する。このように開口6b、6dからの照明光による結像では、xパターン12xのみが転写され、yパターン12yは全く転写されない。上記同様、この露光では被露光基板への入射面に対して垂直な偏光成分のみによる結像であるため、非常に高いコントラストの像が得られる。

【0037】図4は本実施例の結果を示すもので、(a)(b)はそれぞれ本実施例の露光と従来の露光で使用する遮光板の平面図を示している。開口部の座標(X, Y)は本実施例の場合、 $(0, 0.9NA/\lambda)$ 、 $(-0.9NA/\lambda, 0)$ 、 $(0, 0.9NA/\lambda)$ 、 $(0, -0.9NA/\lambda)$ 、従来の場合 $(0, 0.9 \times 2^{1/2}NA/2\lambda, 0.9 \times 2^{1/2}NA/2\lambda)$ 、 $(0, 0.9 \times 2^{1/2}NA/2\lambda, -0.9 \times 2^{1/2}NA/2\lambda)$ 、 $(-0.9 \times 2^{1/2}NA/2\lambda, 0.9 \times 2^{1/2}NA/2\lambda, 0.9 \times 2^{1/2}NA/2\lambda)$ 、 $(-0.9 \times 2^{1/2}NA/2\lambda, 0.9 \times 2^{1/2}NA/2\lambda, -0.9 \times 2^{1/2}NA/2\lambda)$ である。

【0038】図4(a)に示したように、本実施例では開口部を透過する露光光の偏光面が図示の方向に規定されるように偏光部材が開口部付近に配置されている。また、円形開口の半径は両者とも $0.1NA/\lambda$ である。 $NA=0.5$ 、 $\lambda=250nm$ の露光条件にて、線幅 $0.17\mu m$ のラインアンドスペースパターンをマスクパターンとして露光した場合の、被露光基板上での像強度分布(1周期分)を計算した結果を図4(c)に示した。このように本実施例による露光では、従来例に比べて限界解像力の向上効果が著しいことが分かった。

【0039】本実施例で用いるマスクの構造を図5に示す。図5は、図1、2に示したマスク11の一部の断面図である。図5(a)(b)に示すように、格子パターンの周囲が偏光膜(偏光部材)14で覆われており、ネガ型レジストを用いて周期的開口部に対応する位置にレジストパターンを形成するような、ネガ型マスクを使用する場合には、偏光部材14は図5(a)のようにマスクの遮光膜の上に形成されてもよいし、図5(b)のようにマスクの裏面に形成されていてもよい。

【0040】一方、格子パターンの周囲が遮光膜で覆われておらず、ポジ型レジストを用いて周期的遮光部に対応する位置にレジストパターンを形成するような、ポジ型マスクを使用する場合には、偏光部材14を遮光膜の上に形成すると、そのエッジ部にて露光光の位相差が発生し、不要な暗部を形成してしまう結果となる。このため、図5(c)のように結像面から外れた位置に配置するのがよい。また、図5(d)のようにマスクとは独立に偏光部材14よりなる平板を挿入する方法をとってもよい。

【0041】また、上述の実施例においては、遮光板6の開口として円形状のものをを用いたが、本発明を限定するものではなく、円形以外の形状、例えば正方形、扇型等でも構わない。また、遮光板の開口位置、開口やマスクのパターンに設ける偏光部材の偏光方向は、必ずしも厳密なものではなく、本発明の効果が得られる範囲で多少ずれていてもよい。

(実施例2) 図6は、本発明の第2の実施例に係わる露光装置の概略構成を示す斜視図である。本実施例で用いる露光装置の基本的な構成は従来の装置と同一であり、異なるのは図12の瞳と光源の部分である。図6は特に、L/S群を転写するための構成図を示している。

【0042】図6に示すように、光源21は直線偏光したものを用いる。その偏光方向は、L/Sパターンの周期方向のある一方向とほぼ等しい方向にとる。また、瞳位置29には、光源21の偏光方向に制限された領域に偏光方向を約90度回転させる偏光板30を設ける。

【0043】以下に、本実施例によって解像力が向上する原理を説明する。レチクル25上のL/Sパターンを照明光学系の光軸上から点光源にて照明した場合(コヒーレント照明に相当)、投影光学系の瞳面29での回析光分布は図7(a)(b)のようになる。これは、レチクル25上のパターンをフーリエ変換した結果得られる分布に他ならない。ここでは、パターンが周期性を保って無限に広がっていると仮定しているため、その回析光分布は離散的に分布する。このことは、パターン群の大きさが十分であれば近似として十分成立する。また、この図においては回析光の高次成分は省略してあり、全てを描いてはいない。これらの回析光成分の内、瞳の内側を通過する成分のみが結像に関与する。

【0044】瞳を通過後、図8(a)のような偏光状態

(s偏光)で結像する場合と、図8(b)の状態(p偏光)で結像する場合とを比較すると、電場ベクトルの方向が揃っているs偏光状態で結像する方がp偏光状態に比べ、より高コントラストな像を形成することが可能となる。通常の露光装置において光源21は偏光状態として無偏光状態であるといえる。この場合、無偏光光は互いにインコヒーレントで直交する2つの直線偏光として扱うことが可能である。よって、通常の露光装置においてもこのp偏光成分による像質の劣化が起こっていると言える。

【0045】そこで、光源を直線偏光として偏光方向をパターン周期方向と一致させることによって、p偏光成分による像質劣化を抑えることが可能となる。しかしこの場合、同一レチクル上にて異なる方向に周期性を持つパターンに対しては逆に像質が劣化することになる。よってこれを救済するために、図9(a)に示すような瞳位置において偏光方向を約90度回転させる波長板30を、上記直線偏光によって像質が劣化する方のパターンによる回析光が通過する領域に設けることにより、この方向に周期性を持つパターンに対して解像性を向上させることが可能となる。

【0046】また、波長板を使用することによって、従来例にある瞳位置に偏光子を置くことによる光量損失という問題を解消することが可能となる。また、光源として直線偏光を使用する際の光量損失は、レーザ光を使用する場合、ブリュースター窓等をレーザ共振器に取り付けることにより、そもそも直線偏光として取り出すことが可能であり、また水銀ランプ等の無偏光光に対しても、図10に示すように、偏光ビームスプリッタ33と1/2波長板30により光量損失を抑え、有効に使用することが可能である。(実施例3) 図11は、本発明の第2の実施例に係わる露光装置の概略構成を示す斜視図である。本実施例における第1の実施例との相違点は、光源の直線偏光方向に対して、瞳位置での波長板の挿入位置とその偏光回転方向である。なお、図6と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

【0047】本実施例においては簡単のため、L/S群の主周期方向に対して光源21の偏光方向を45度程度傾いた状態に設置する。そうして、図9(b)に示すような波長板31を用い、瞳位置での偏光面回転角度を±45度とすることで、第1の実施例と同様の効果を得ることが可能となる。この場合、L/Sの周期方向による波長板通過の有無が存在せず等しく通過するため、波長板31を通過することによる光量損失の差による解像性への影響を抑えることが可能となる。

【0048】なお、第2、第3の実施例において、光源の偏光特性は必ずしも直線偏光である必要はなく、長軸と短軸の長さの比が大きい楕円偏光であっても構わない。また、光源は必ずしも円形である必要はなく、リング形状や4つ目形状等、変形照明法であっても、それに

対応する瞳上の位置に波長板を配置できれば何等問題ではない。更には、光強度分布を2値化する必要はなく、連続的に強度分布が変化するものであっても構わない。また、例えば光ファイバ束によって光源分布を形成しても差し支えない。

【0049】また、実施例の構成において、瞳面の複素透過率分布に変調をかけたり、像面側の焦点面位置を変えて多重露光をすることを加えても、本発明には何等差し支えるところではない。また、波長板による位相変化を補償するために、補償板を瞳位置に形成することは望ましい実施形態の一つである。さらにその波長板の形状も、図に示した形状以外であっても何等差し支えるものではない。また、マスクとしてレベンソン型位相シフトマスクを用いることによって、瞳面上における回折光分布を瞳周縁部に配置することが可能となる。これによって、より偏光特性を用いた解像性の向上を得ることが可能となる。

【0050】

【発明の効果】以上説明したように本発明（請求項1，2）によれば、光軸からX方向にずれた位置及びY方向にずれた位置にそれぞれ開口を有する遮光板を設け、それぞれの開口に対して光の偏光面を直線偏光に規定し、マスクのX方向に長いパターン及びY方向に長いパターンのそれぞれに対しても光の偏光面を直線偏光に規定することにより、限界解像力を向上させ、実質的に $\lambda/2$ NAまで引き上げることが可能となる。

【0051】また、本発明（請求項1，2）によれば、パターンの周期方向によらず、像形成時の干渉における偏光方向依存性を調整することは可能となり、よって像コントラストの改善が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例における投影露光装置の概略構成を示す斜視図。

【図2】第1の実施例における遮光板、マスクの平面図と瞳位置での露光光分布図。

【図3】第1の実施例による露光原理を説明するための

露光装置の斜視概念図。

【図4】実施例及び従来例の遮光板の平面図と計算比較結果を示す図。

【図5】第1の実施例で用いるマスクの構造を示す断面図。

【図6】第2の実施例に係わる投影露光装置の概略構成を示す斜視図。

【図7】レチクルパターンにより回折する光の様子を表した模式図。

【図8】s偏光状態及びp偏光状態における光の干渉を表す模式図

【図9】 $1/2$ 及び $1/4$ 波長板を用いた例を示す模式図。

【図10】偏光ビームスプリッターと $1/2$ 波長板により光量損失を抑えた例を示す図。

【図11】第2の実施例に係わる投影露光装置の概略構成を示す斜視図。

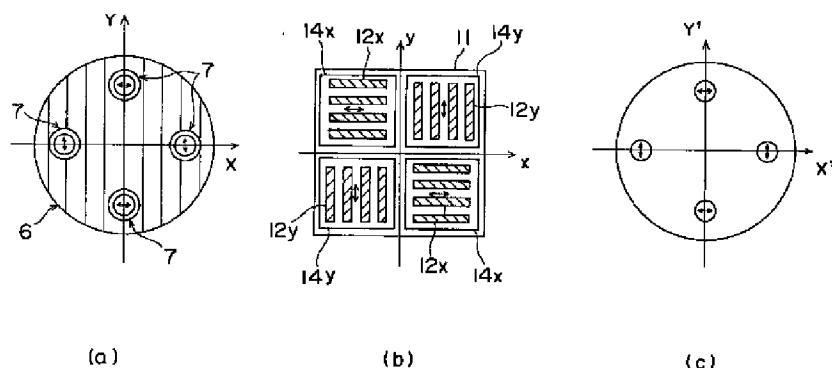
【図12】従来一般的に用いられている投影露光装置の概略構成を示す模式図。

【図13】光源の形状を変えて限界解像力を向上させた従来の露光装置を示す斜視図。

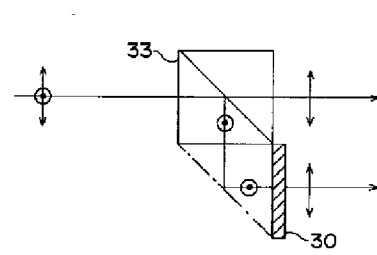
【符号の説明】

- 1…水銀ランプ
- 2…楕円面鏡
- 3…コールドミラー
- 4…集光光学素子
- 5…インテグレータ
- 6…遮光板
- 7…偏光部材
- 8…リレーレンズ（瞳リレー系）
- 9…ミラー
- 10…コンデンサレンズ
- 11…マスク
- 12…マスクパターン
- 13…投影光学系
- 14…偏光部材

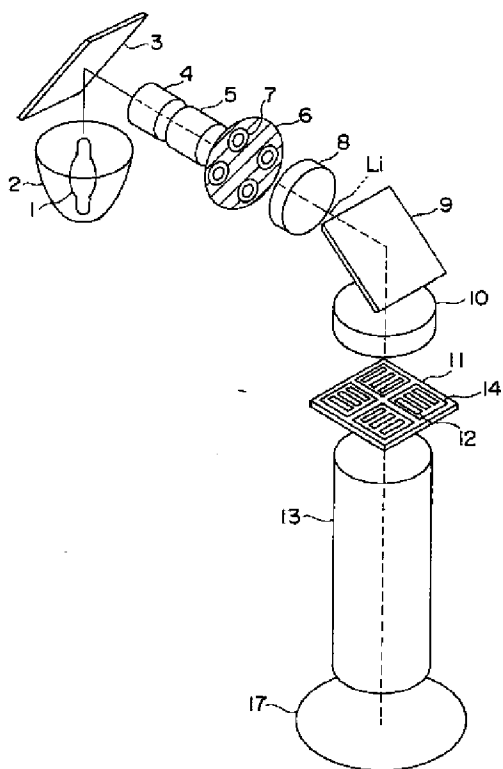
【図2】



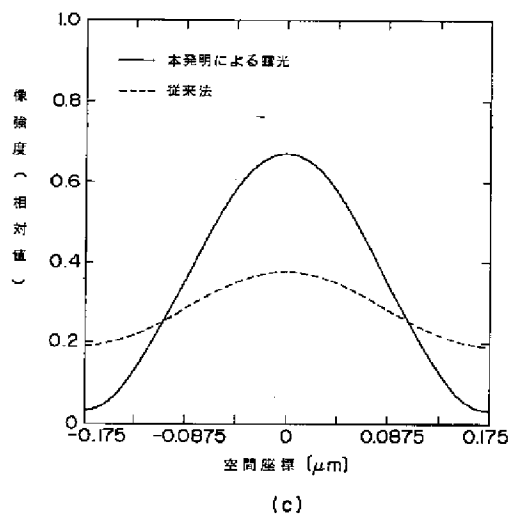
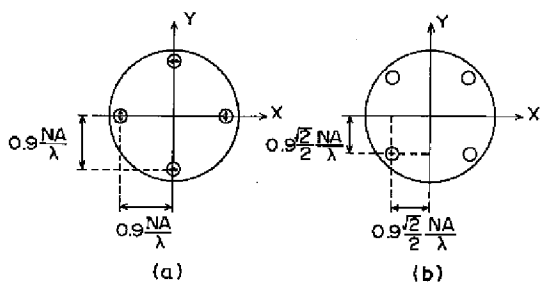
【図10】



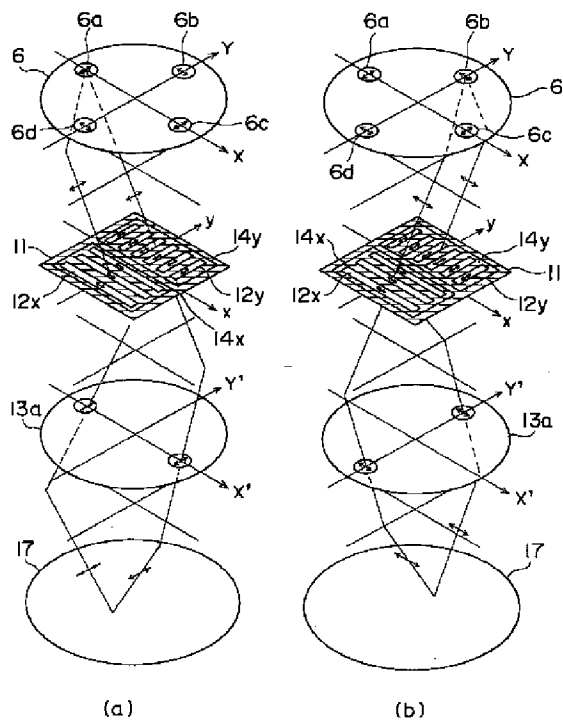
【図1】



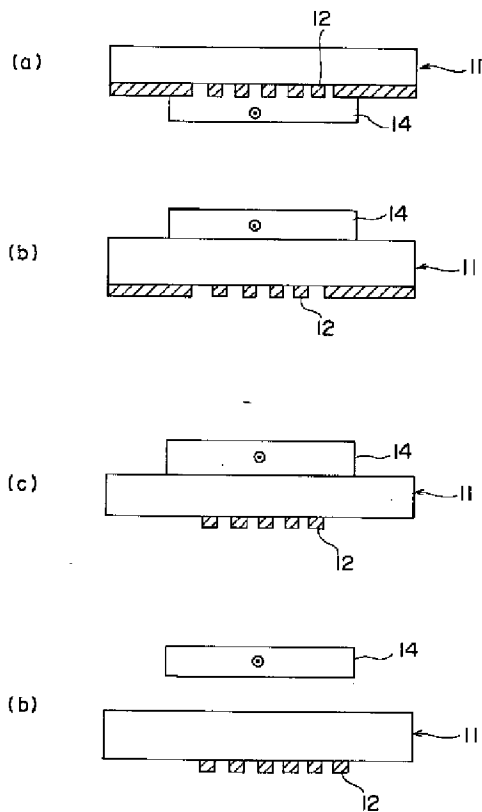
【図4】



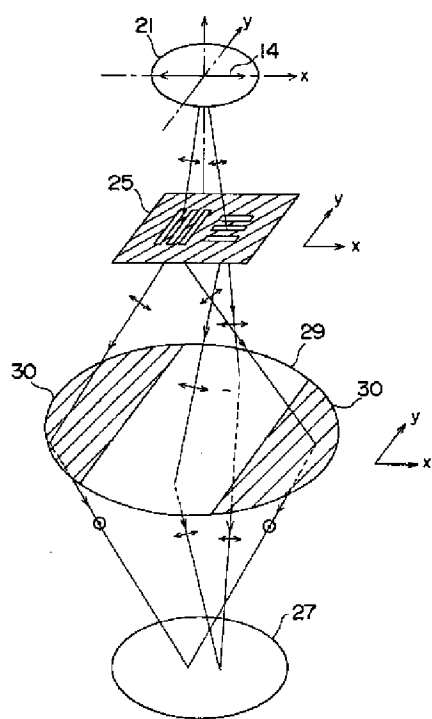
【図3】



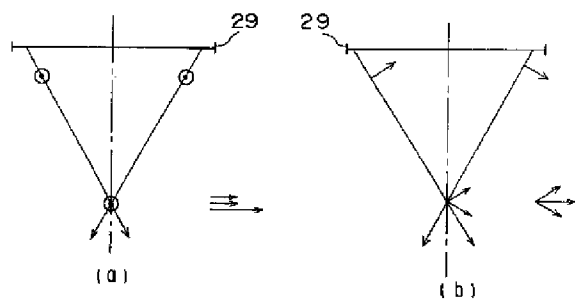
【図5】



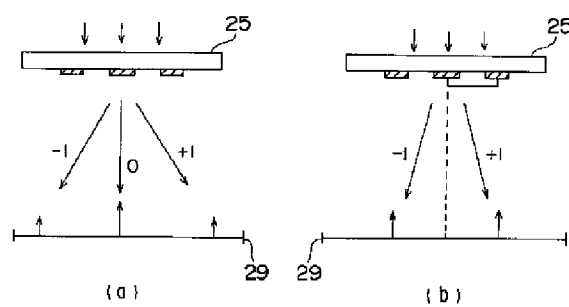
【图6】



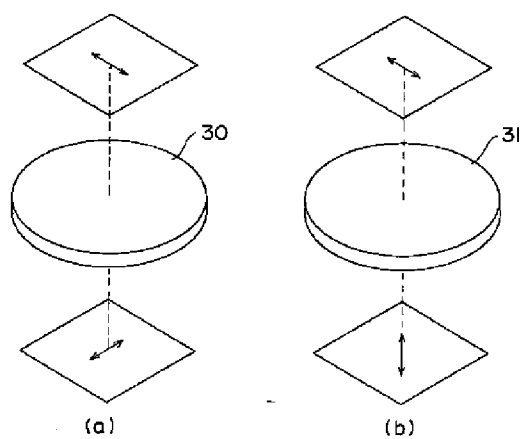
【图8】



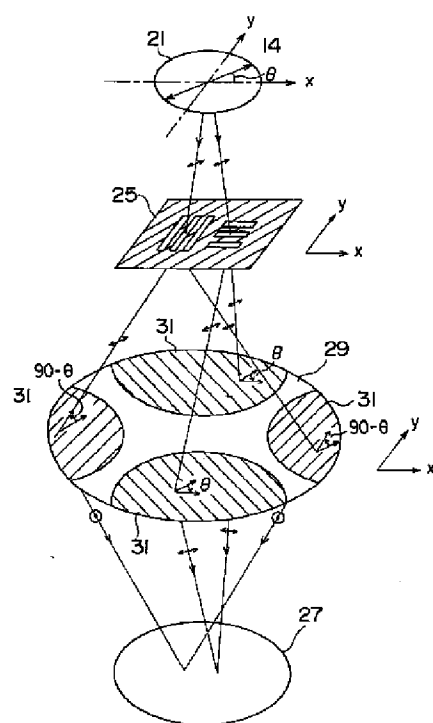
【图7】



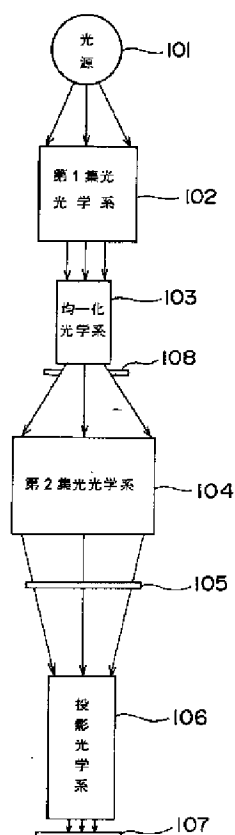
【图9】



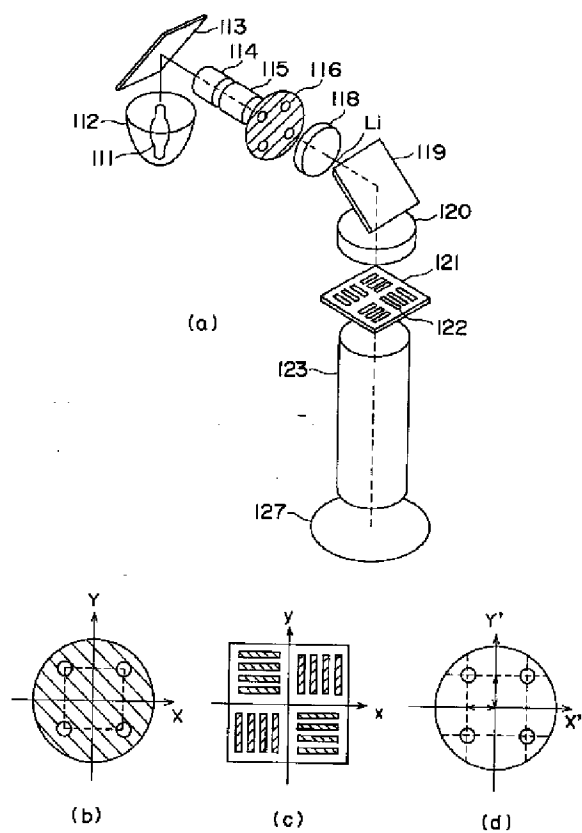
【图11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7352-4M

H O I L 21/30

5 2 8